



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap
Område Landskapsutveckling

Erosion vid dagvattendammar

Litteratur- och fallstudie om erosionsskydd

Erosion control in storm water ponds

Daniel Groop



Självständigt arbete/Examensarbete 15 hp
Grundnivå C
Landskapsingenjörsprogrammet
Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU
Alnarp 2011

Erosion vid dagvattendammar
Litteratur- och fallstudie om erosionskydd

Erosion control in storm water ponds

Daniel Groop

Handledare: Kaj Rolf, SLU, Institutionen för landskapsutveckling

Examinator: Jesper Persson, SLU, Institutionen för landskapsutveckling

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: *Grund C*

Kurstitel: Examensarbete för landskapsingenjörer

Kurskod: EX0359

Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Examen: Landskapsingenjörsexamen

Ämne: Teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och -år: Juni 2011

Omslagsbild: Valla damm, Årsta. Foto: Daniel Groop

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: dagvattendammar, erosion, erosionskydd, dagvatten, dimensionering



Förord

Det här examensarbetet på 15 hp är skrivet inom Landskapsingenjörsprogrammet på C-nivå inom ämnet Teknologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp.

Jag vill tacka alla som har hjälpt mig med min studie av dagvattendammar. Alla som tagit sig tid till att svara på mina frågor. Min handledare Kaj Rolf och examinator Jesper Persson som hjälpt mig genomföra arbetet.

*Stockholm den 25 april
Daniel Groop*

Sammanfattning

I takt med att städerna växer behöver dagvattenhanteringen ständigt utvecklas. Numera är lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) ofta ett krav vid planering av nybyggnation. Regnvatten som faller på gator och hustak samlar på sig föroreningar. En metod för att rena vattnet är att anlägga dagvattendammar. I dammarna avskiljs föroreningarna från vattnet. Det har blivit populärt att anlägga dammar och ett flertal dammar anläggs varje år. För att dammarna skall fungera optimalt behövs en hållbar konstruktion eftersom erosion i dagvattendammar kan skada dammen. Följderna av erosionskador kan leda till bristfällig rening och i värsta fall översvämningar.

Erosion uppstår av strömmande vatten. Erosionskänsligheten påverkas av jordmaterialets egenskaper och vattenhastigheten i dammen. Vattnets krafter verkar på bottenmaterialet och blir dessa för stora kommer material från botten att sköljas bort med vattnet tills vattenhastigheten avtar. Recipienterna (sjöar och vattendrag där dagvattnet till slut hamnar) är ofta belastade av föroreningar. Därför är det viktigt för miljön att dagvattendammarnas reningskapacitet inte påverkas av erosionskador.

Erosion uppstår vanligen vid dammarnas in- och utlopp och på dammbankar och slänter. För att undvika erosionskador används det flera olika typer av erosionsskydd. Vanligen används vegetation för att skydda mot erosion men det är också vanligt med hårda erosionsskydd av sten eller betong. Det används också ett flertal metoder för att dämpa och sprida flödet i dammarna, det minskar risken för att erosion ska uppstå och har en positiv effekt på reningsfunktionerna i dammarna då vattenreningen är beroende av en lång uppehållstid.

I rapporten presenteras resultatet av en studie av 7st dagvattendammar i Stockholm. I studien har möjligheterna för erosion att uppstå undersöks. Befintligt erosionsskydd och uppkommen erosion har också analyserats. Syftet med studien har varit att undersöka hur erosionsskydd dimensioneras och vad som är praxis i branschen vid dimensionering av erosionsskydd. Avsaknaden av manualer leder till att projektörerna får komma på egna lösningar. Ibland fungerar det bra och ibland leder det till skador som kan påverka både dammens hållfasthet och vattenkvaliteten på vattnet som lämnar dammen.

Innehåll

Inledning.....	1
Metod och material	2
Dagvattenhantering	3
Erosion	6
Manualer.....	17
Fältstudie	18
Konklusion dammbesiktningar.....	31
Diskussion	33
Slutsats	37
Källförteckning	38

Inledning

Dagvatten är det nederbörds- och smältvatten som rinner av från tak och hårdgjorda ytor och som inte infiltreras i marken. Dagvatten behöver ledas bort för att det inte ska bli översvämningar. Dagvatten är ofta förorenat och leds i de flesta fall orenat rakt ut i vattendrag, sjöar och hav. Föroreningarna orsakar många allvarliga problem som försurning och övergödning av sjöar. I vissa fall leds dagvattnet via ett kombinerat avloppssystem och renas i ett reningsverk. Det leder till att onödiga resurser måste läggas på att rena dagvatten då detta istället kan ske naturligt i dagvattendammar. Dagvattendammar anläggs allt oftare och de ses som en estetisk tillgång i bostadsmiljöer. Dagvattendammar är också en förutsättning för en hållbar dagvattenhantering. I takt med att samhället växer och fler ytor blir hårdgjorda ökar avrinningen av dagvatten samtidigt som utrymmet för att leda bort dagvatten under jord inte längre finns. Dagvattendammar ökar den biologiska mångfalden vilket är viktigt för en hållbar utveckling i dagens samhälle. I Sverige sker det många och stora satsningar på anläggandet av dammar för rening av dagvatten.

I strömmande vatten uppstår det ofta erosion vilken är påfrestande på dammkonstruktionernas stabilitet och hållfasthet. Erosionsskador i anläggningarna kan leda till översvämningar och utebliven rening av dagvattnet. Det blir ofta ett kostsamt repareringsarbete som följd av erosionsskador.

I den här rapporten ges en förklaring på varför erosion uppstår och var i dammen erosionen har störst möjlighet att uppstå. I rapporten presenteras exempel på hur det med erosionsskydd går att undvika skador som följd av erosion.

En studie av dagvattendammar har genomförts med fokus på vilka erosionsrisker som finns i dammarna. I studien undersöks och analyseras det befintliga erosionsskyddet och i de dammar där erosion har uppstått förklaras varför det har skett och hur det hade gått att undvika erosion i dammarna.

Syfte

Syftet med rapporten är att beskriva vad som är praxis vid dimensionering av erosionsskydd i dagvattendammar.

Avgränsningar

Studien är avgränsad till dagvattendammar i stockholmsområdet.

Metod och material

Jag har arbetat med två metoder, litteraturstudie och fallstudie.

Arbetet är tänkt att vara en uppföljning av Jennifer Carlssons och Jesper Perssons rapport, *Erosion och erosionsskydd i vattenmiljöer* (2006). Delar av litteraturen kommer från deras referenslista. Jag har inriktat mitt arbete mot erosionsskydd i dagvattendammar och har hittat en del litteratur genom Svenskt Vattens vattenbokhandel: <http://vbh.sv.manager.nu/>

Om erosionsskydd har jag hittat mycket litteratur genom Statens Geotekniska Institutets digitala bibliotek som hittas på:
http://www.swedgeo.se/templates/SGIStandardPage____579.aspx?epslanguage=SV

För att hitta information om erosionsskydd har jag läst i kataloger och anvisningar på tillverkarnas hemsidor. Jag har också pratat med personer från några av företagen.

Jag har använt mig av databaserna epsilon, Libris och Lukas.
Jag har också fått tag på litteratur genom sökmotorn google.

Sökord som använts:

Erosion, erosionsskydd, erosionsproblem, erosionsskador, dagvatten, dagvattendammar, sedimentation, erosion, erosion control, storm water, pond mm.

Till fallstudien valdes 7st dammar ut för besiktning och närmare analys av erosionsskydd. Dammarna är slumpvis utvalda och ligger på olika platser i stockholmsområdet. Dammarnas primära funktion är att rena dagvatten och de är mellan 2 och 13 år gamla. Tyvärr har det varit så mycket snö och is under studien att det har varit svårt att besiktiga dammarna ockulärt. Jag har intervjuat projektörer i den mån det har gått att få tag i dem. Till några dammar har jag fått ritningar och handlingar som jag har kunnat gå igenom.

Dagvattenhantering

I det här avsnittet presenteras en kortfattad beskrivning av dagvattenhanterings utveckling och dagvattensystemets uppbyggnad.

Dagvatten är den nederbörd och det smältvatten som rinner av från tak och hårdgjorda ytor. När vattnet rinner över dessa ytor samlar det på sig smuts och föroreningar. Föroreningarna sprids med dagvattnet och hamnar tillslut i naturen (Persson, 1990). Nu förtiden finns det sällan utrymme för att bygga ut de befintliga systemen under mark vilket har lett till att dagvattenhanteringen har utvecklats en del genom åren (Stahre, 2004). Genom tiderna har människan tagit hand om vattnet på flera olika sätt, i det moderna Sverige har vi använt tre olika system eller kombinationer av dessa.

Fram till 1950-talet byggdes kombinerade avloppssystem i vilka dagvattnet leddes bort tillsammans med spillvatten till avloppsreningsverken (Stahre, 2004). I dessa ledningar är översvämningar vanliga i samband med större regn. Vid en översvämning i ett kombinerat system är det orenat avloppsvatten som forsar upp ur brunnarna (Persson, 1990).

Från 1960-talet har det till största delen byggts duplikatsystem där dagvattnet och spillvattnet leds bort var för sig i separata ledningar (Stahre, 2004). I duplikatsystem leds avloppsvattnet till reningsverk medan dagvattnet leds utan rening direkt till recipienten, det vill säga närmaste sjö eller vattendrag. Många vattenmiljöer är idag mycket förorenade vilket har lett till tråkiga konsekvenser för miljön. All tillförsel av tungmetaller och andra främmande ämnen ger påverkan på vattenmiljöerna (Persson, 1990).

På 1990-talet började man med lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) eftersom det är stor belastning på de äldre systemen. För att klara av hanteringen av dagvatten är det vid planering av nybyggnation ofta krav på att dagvattnet skall tas om hand lokalt. Lokalt omhändertagande av dagvatten bygger på att dagvattnet fördröjs nära källan. Om dagvattnet kan hållas kvar på platsen under den första tiden under och efter ett större regn minskar risken för översvämningar i de ledningar som leder bort dagvattnet. I äldre kombinerade system minskar trycket på reningsverken vid stora regn. Det finns många olika lösningar för att skapa en fördröjning av dagvattnet, gröna tak, infiltrationsytor och dammar är några av de vanligaste lösningarna (Stahre, 2004). Dagvatten som har infiltrerats i marken är renare än det vatten som har renats på reningsverk. Lokalt omhändertagande av dagvatten är att föredra framför att leda bort dagvatten i ledningar. Det mesta av dagvattnet från hårdgjorda ytor är så pass rent att det går mycket bra att infiltrera i grönområden (Persson, 1990).

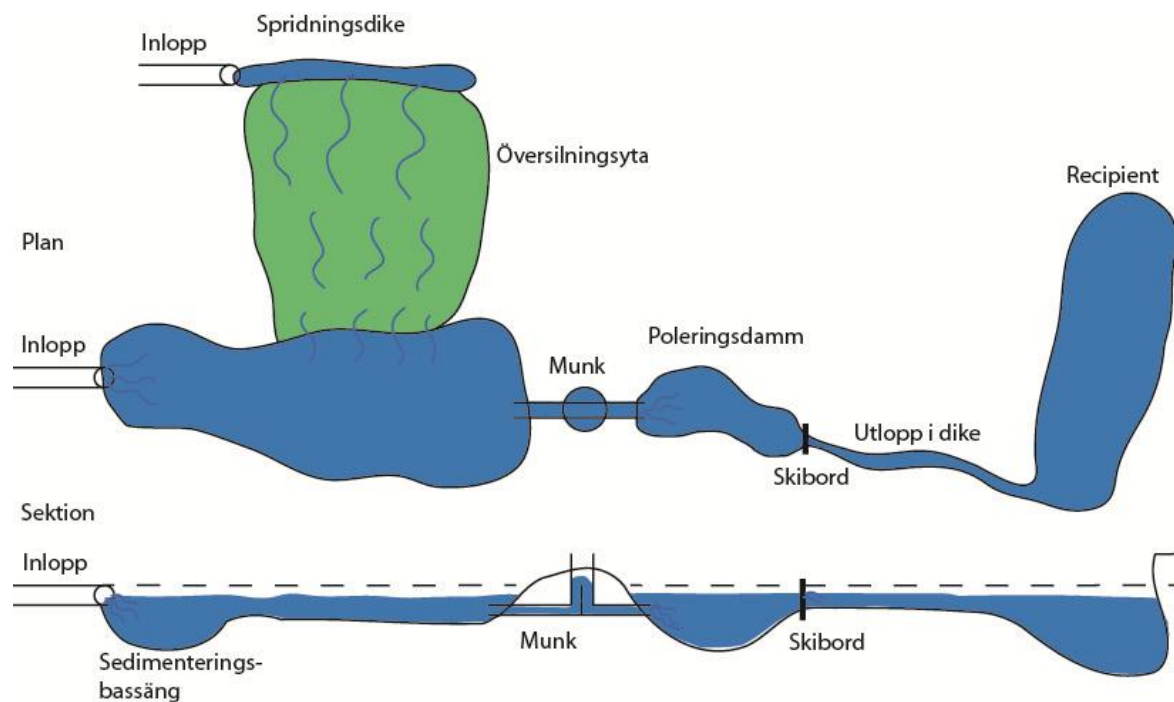
Genom att anlägga dammar kan man fördröja vattnet. Dammarna fungerar också som reningsanläggningar (Stahre, 2004). Dagvattendammar med en permanent vattenspegel är den vanligaste dammtypen för att fördröja vatten nära källan. Dammen blir också ett attraktivt och populärt inslag i stadsmiljön förutsatt att den är

utformad på rätt sätt (Stahre, 2004). Dagvattendammar är ett effektivt sätt att rena dagvatten på, att anlägga dagvattendammar har blivit väldigt populärt sedan början på 90-talet. Dammar och våtmarker har många andra värden förutom att de renar dagvattnet. De gynnar den biologiska mångfalden och bildar en bra livsmiljö för många djur och fåglar. Många människor upplever en damm i närmiljön som något positivt (Persson, uå).

Andelen hårdgjorda ytor har ökat i takt med att samhället har vuxit. På dessa ytor infiltreras inte dagvattnet som det gör på naturliga ytor, istället rinner dagvattnet av från ytorna. Det ger stora flödestoppar efter regn. Kraftiga regn kan leda till översvämningar i underdimensionerade dagvattensystem. Att förnya ledningsnätet med grövre ledningar är kostsamt och i de flesta fall finns det inte utrymme i marken för detta. Istället blir det vanligare att försöka fördröja dagvattnet innan det når ledningarna. Dessa alternativ är oftast mer kostnadseffektiva och kräver inte samma tekniska arbete. I nybebyggda områden måste det finnas utrymme för dagvattenanläggningar i detaljplanen för att dagvattenhanteringen ska bli hållbar. (Stahre, 2004)

Dammutformning

Dagvattendammar kan utformas på många olika sätt. Här är en liten guide som förklarar några av de funktioner som kan byggas in i en dagvattendamm för att effektivisera reningen av vatten. I Figur 1 kan man se några av de olika funktioner som kan finnas i en dagvattenanläggning.



Figur 1. Principskiss över damm som innehåller flera olika element för rening av dagvatten.

Kortfattat kan man säga att det finns två olika typer av dammar, våta och torra dammar. I våta dammar finns det alltid en permanent vattenspegel, även under torra perioder. I torra dammar saknas en permanent vattenspegel. I torra dammar sker

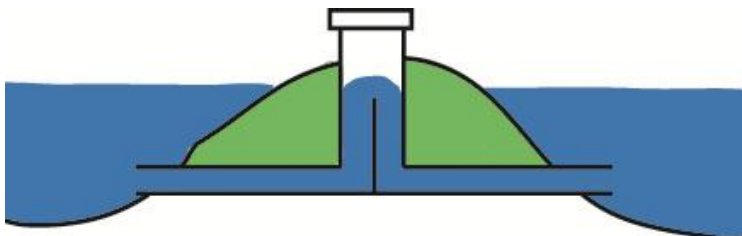
ofta en perkolation då vattnet rinner ner i grundvattnet, medan våta dammar oftast har en botten bestående av lermaterial som hindrar vattnet att rinna ned till grundvattnet (Persson, 1998). I en våt damm sker en omsättning av vattnet helt eller delvis vid avrinningstillfällena, och det krävs oftast ett ständigt basflöde för att hålla dammen våt även under torrare perioder (Larm, 2000).

Poleringsdammens funktion är att ytterligare rena vattnet innan det når recipienten. Det sker genom oxidation av organiskt material och kväveavskiljning. Poleringsdammar anläggs vanligen för att polera vattnet ytterligare efter att det har gått genom ett vattenreningsverk eller en dagvattendamm (Persson, 1998).

På översilningsytor är det tänkt att dagvatten skall rinna i ett jämnt flöde över hela ytan. Delar av vattnet infiltreras i ytan och resterande vatten rinner över ytan. Översilningsytor bör anläggas med en fördelningsanordning som sprider vattnet över hela ytan. Till exempel ett spridningsdike som fördelar vattnet jämnt över ytan (Larm, 2000).

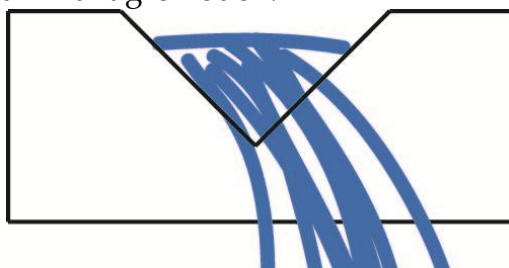
I sedimentationsdammen får vattnet plats att breda ut sig både på bredden och djupet så att vattenhastigheten minskar och partiklarna i vattnet faller ner till botten och avlagras. En sedimentationsdamm kan behöva tömmas på sediment.

En munk är en utsläppsbrunn som reglerar vattennivån i en damm. Inne i munken sitter en skiva eller träplankor som vattnet faller över. Höjden på denna kan regleras vilket styr vattennivån i dammen. Se figur 2.



Figur 2. En munk, vattnet leds in i munken och över skivan som reglerar dammens vattennivå.

Ett vanligt utlopp i en damm är ett så kallat överfall där vattnet faller över en kant eller vall. För att bättre styra vattennivån i dammen kan ett skibord användas. Det är en skiva med en öppning i vilken vattnet faller över. I figur 3, visas en skiss på ett skibord. Skibordet har en reglerande funktion. Vid högre flöden släpps mer vatten ut än vid lägre flöden.



Figur 3. Ett skibord släpper ut mer vatten när vattennivån i dammen stiger.

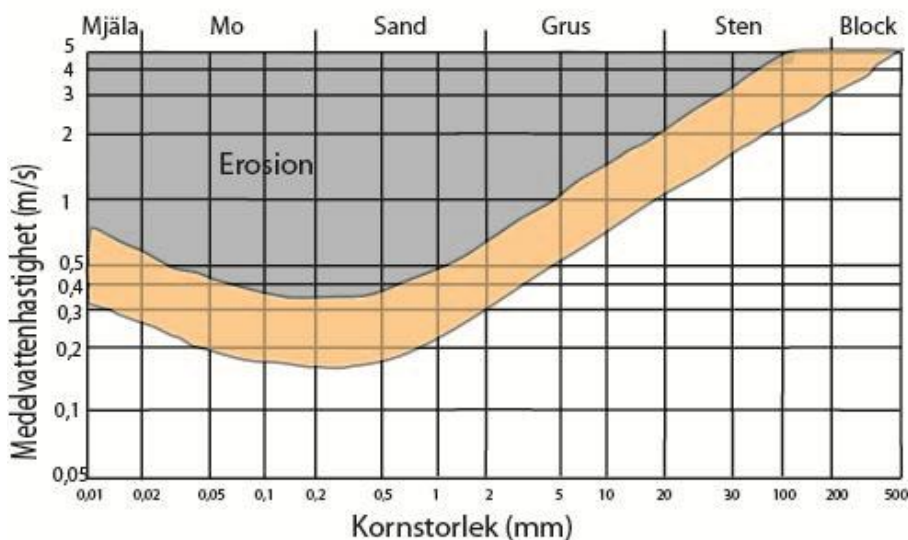
Erosion

Ordet erosion har sitt ursprung i de latinska orden erodere som betyder "gnaga" och erosus "så småningom förstöra eller fräta bort". Erosion uppstår när strömmande vatten eller vindar flyttar och för med sig jordmassor och partiklar från botten och marken. I vatten kan erosion också uppstå av vågor och propellerströmmar (Ohlsson, 1994). I den här rapporten ligger fokus på erosion orsakad av strömmande vatten. I strömmande vatten bildas friktionskrafter mellan vattnet och botten. När kraften blir för stor kommer partiklar från botten att följa med i vattenströmmarna (Andersson m.fl. 2008).

Erosionskänslighet

Hur omfattande erosionen blir beror på jordartens känslighet mot erosion och vattnets hastighet, se figur 4 som visar förhållandet mellan medelhastigheten och kornstorlek i ensgraderade jordar (Vägverket, 1987). Ensgraderade jordar som har en kornstorleksfördelning motsvarande fin- och mellansand (0,1-0,5mm) är de mest erosionsbenägna jordarna (Nilsson, 2008).

Månggraderade jordar (moräner) är mindre känsliga för erosion, i ytskiktet på dessa jordar kan det finnas finare erosionskänsligt material som spolats bort men sedan blir grövre fraktioner kvar på ytan och bildar en stenpäls, som står emot erosion se figur 5 (Andersson, m.fl., 2008).

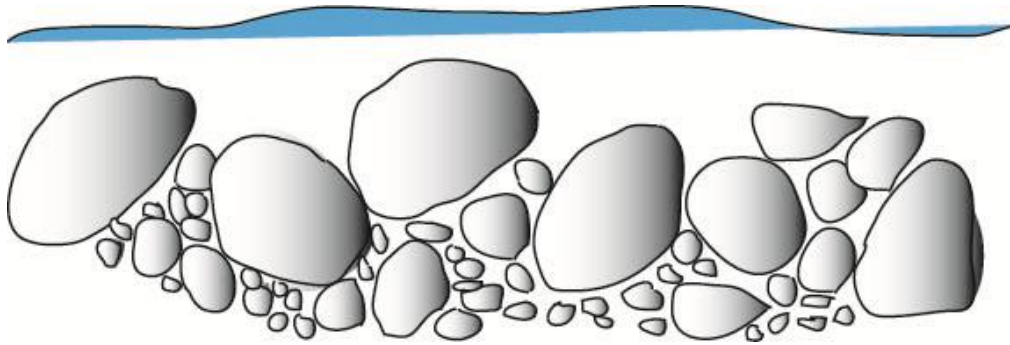


Figur 4. Figuren visar förhållandet mellan medelvattenhastigheten och kornstorlek i ensgraderade jordar. De mest erosionskänsliga jordarna har partiklar i storleken 0,1- 0,5 mm.

I jordmaterial som innehåller de minsta partiklarna silt och ler finns det ett ökat motstånd mot erosion. I jordmaterialet finns det bindningskrafter mellan kornen. Jord som innehåller silt och ler brukar kallas för kohesiv jord eller kohesionsjord, och jordar som inte innehåller silt- och lerpartiklar kallas för friktionsjord (Andersson, m.fl., 2008). Om bottenmaterialet består av kohesionsjordar med minst 10% ler är det de elektrokemiska bindningskrafterna mellan partiklarna i materialet som står emot erosion. Består bottenmaterialet av friktionsjord är det jordkornens form, densitet,

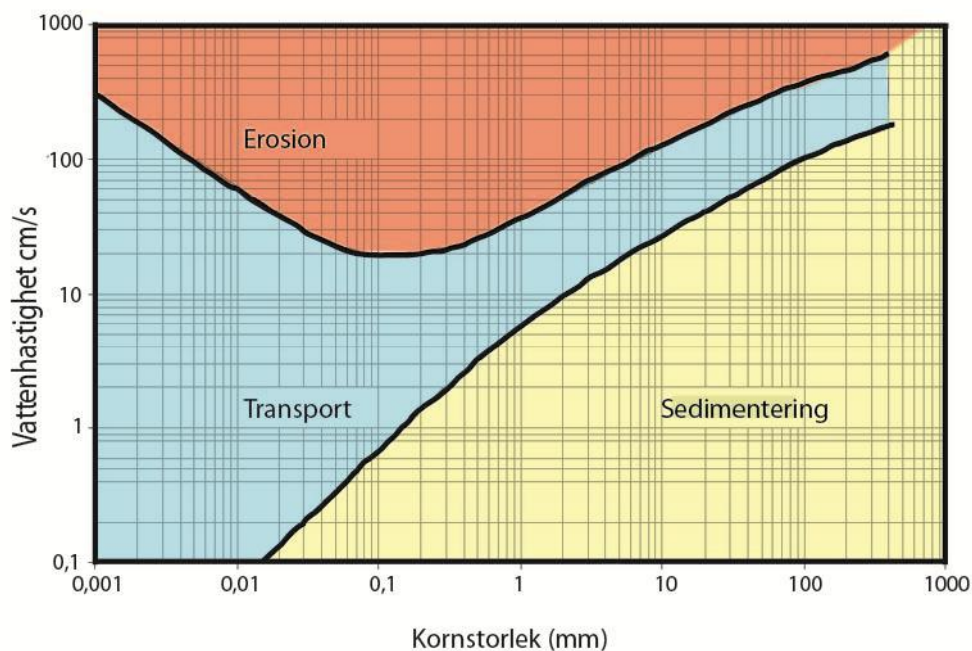
bottenlutning och de krafter som vattnet utövar på kornen som avgör om kornen kommer att flyttas eller inte (Andersson, m.fl., 2008).

Erosionskänsligheten i osorterade jordarter bestäms av den kornstorlek som kan bilda en stenpäls. Stenpälsen består av ett lager av stenar som är så tunga att de inte flyttas av vattenströmmarna. Stenpälsen hindrar mindre korn från att sköljas ur stenpälsen och föras bort med vattenströmmarna, se figur 5 (Vägverket, 1987).



Figur 5. Stenpäls, de större stenarna som ligger kvar förhindrar att mindre material sköljs ur stenpälsen.

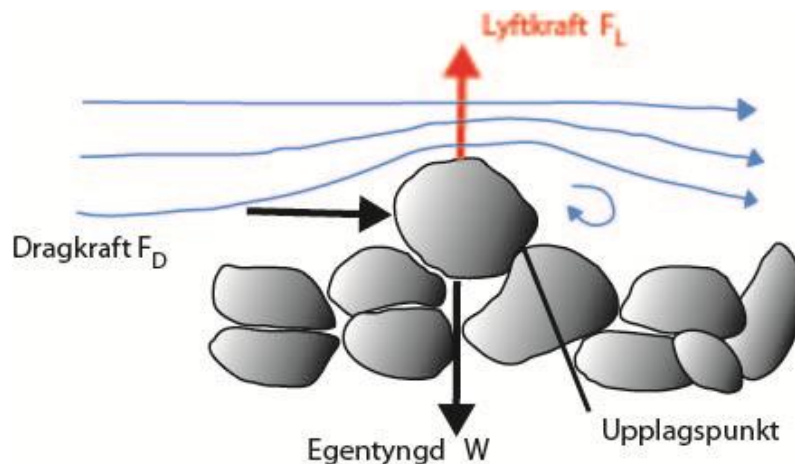
Med hjälp av Hjulströms diagram, som visas i figur 6, går det om vattenhastigheten är känd att avgöra om det kommer uppstå erosion, transport eller sedimentation i ett vattendrag (Andersson, m.fl., 2008). I diagrammet går det att utläsa att erosion uppstår vid 20 cm/s i jordar som består av partiklar med en kornstorlek på 0,1mm.



Figur 6 Hjulströms diagram visar vid vilken vattenhastighet som erosion, transport och sedimentering sker i strömmande vatten.

Orsaker till erosion

På ett korn i strömmande vatten verkar flera olika krafter, se figur 7. Dragkraften uppstår eftersom kornet utgör ett strömningsmotstånd i vattnet. Lyftkraften beror på tryckfördelning runt kornet och den asymmetriska strömningsbilden. Dragkraften och lyftkraften är de eroderande krafterna och ökar med ökad vattenhastighet. Det som håller kornet kvar på sin plats är tyngdkraften och friktionskrafter mellan kornen (Andersson m.fl., 2008). Friktionskrafternas påverkan gör att korn med ojämna ytor tex. krossat och sprängt stenmaterial är mer svåreroderat än naturligt rundade korn och stenar. Blir drag- och lyftkrafterna större än tyngdkraften och friktionen mellan kornen kommer kornet att flyttas från sin plats och transporteras bort med vattnet (Ohlsson, 1994).



Figur 7. Bilden visar vilka krafter som verkar på ett korn i strömmande vatten. När lyft- och dragkraften blir större än kornets egentyngd kommer det att följa med strömmen.

På dammbankarna där underlaget lutar verkar tyngdkraften inte för att hålla kornet kvar utan den vill dra kornet ner mot släntbotten. På banken är det istället friktionskrafterna mellan kornen som håller dem kvar. Material är mer lätteroderat om det ligger på dammbanken än om det skulle ligga på en horisontell yta (Ohlsson, 1994).

I kohesionsjordar består de motverkande krafterna främst av kohesion och elektrokemiska bindningskrafter som verkar mellan partiklarna i jorden. Erosion i kohesiva jordar uppstår oftast efter uttorkning då hopklumpade partiklar kan dras med i strömmarna (Ohlsson, 1994).

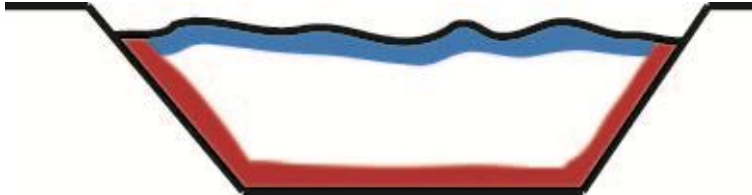
Erosionen påbörjas när den kritiska skjuvspänningen för bottenmaterialet överskrids. Skjuvspänningen ökar när vattenhastigheten blir högre (Carlsson & Persson, 2006). I ett exempel med en rak kanal med oändlig bredd som har ett tvådimensionellt, likformigt vattenflöde går det att beräkna medelskjuvspänningen med ekvationen:

$$\tau = \rho_w \cdot g \cdot d \cdot S$$

där: ρ_w = vattnets densitet

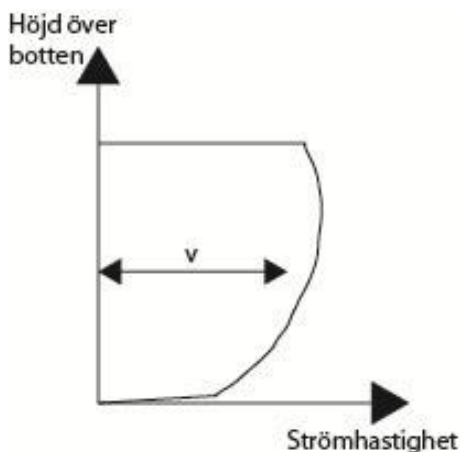
d = vattendjupet
 S = bottenlutningen

Medelskjuvspänningen är den spänning som strömmen verkar med på den våta perimetern, alltså botten och den del av bankarna som är under vatten se. figur 8. Är bottenlutningen är konstant så ökar medelskjuvspänningen med vattendjupet. Vid maximalt vattendjup är alltså vattenföringen maximal (Ohlsson, 1994)



Figur 8. Botten och de delar av bankarna som är under vatten utgör den våta perimetern här markerad i rött.

I en verklig kanal där bredden inte är oändlig bildas ett tredimensionellt strömningsmönster eftersom strömhastigheten även påverkas av bankarna (Ohlsson, 1994). Figur 9, visar en strömhastighetsprofil vilken det går att se att vattenhastigheten är högre vid ytan än vid botten.



Figur 9. Strömhastighetsprofil i en rak kanal. Vattenhastigheten är lägre vid botten och högre vid ytan.

Tredimensionella strömningsförhållanden och kanalens tvärsnittsform gör att fördelningen av medelskjuvspänningen blir komplex (Ohlsson, 1994). För att beräkna medelskjuvspänningen används följande ekvation:

$$\tau = \rho_w \cdot g \cdot R \cdot S$$

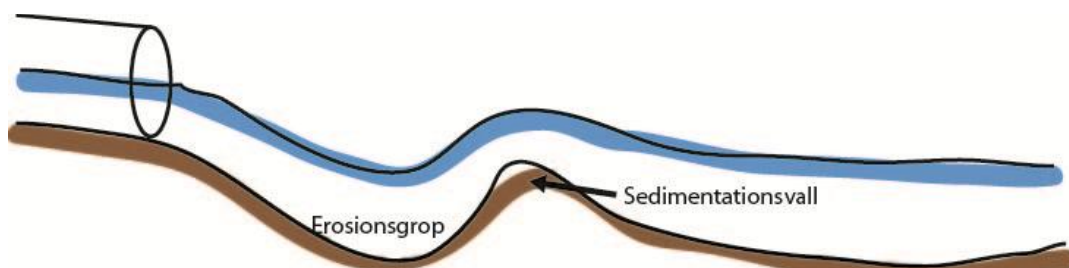
Där R är hydraulisk radie. ($R = A/P$, där A = Våt tvärsnittsarea och P = den våta perimetern).

Var uppstår erosion

Erosion uppstår framförallt vid dagvattendammarnas in- och utlopp och på dammbankar och slänter.

Inlopp

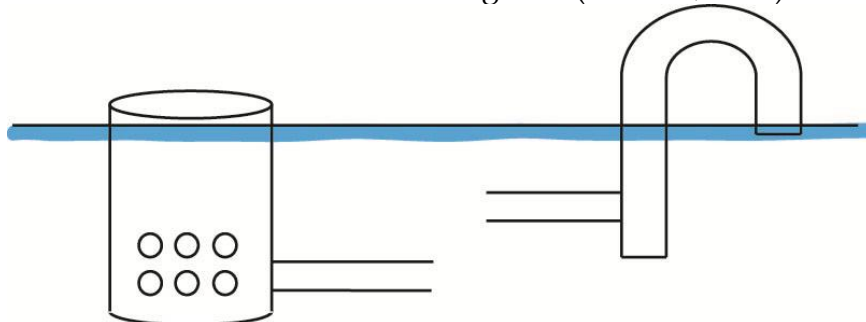
Vattnets hastighet är oftast högst vid dammens inlopp. Om vattnet som kommer in i dammen "faller" in i dammen ökar risken för att erosion skall uppstå. Ju högre fallhöjden är desto större blir risken för erosion. Består basmaterialet av lättroderat material blir risken för erosion ännu större. Efter en inloppsledning kan en erosionsgrop bildas och efter den kommer vanligen en sedimentationsvall, se figur 10. För att undvika erosionsgropar bör inloppen erosionsskyddas (Carlsson & Persson, 2006).



Figur 10. Inlopp ur ledning där en erosionsgrop och sedimentationsvall har bildats.

Utlopp

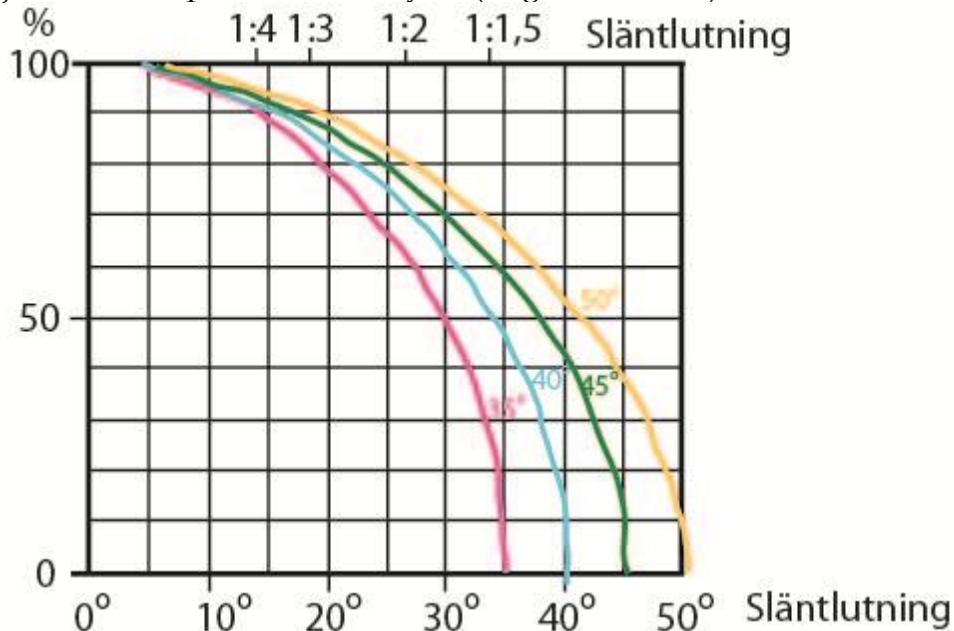
Utloppet är en känslig plats eftersom vattnet kommer från en större yta i dammen och tvingas in i ett rör eller dike. När vattnet får mindre utbredningsplats ökar vattenhastigheten. Utloppet ur en damm kan vara utformat på många olika sätt. I utlopp som består av ett överfall kan erosion lätt uppstå om basmaterialet är erosionskänsligt. Risken för skador blir större vid högre fall eftersom vattnets hastighet ökar när vattnet faller (Carlsson & Persson, 2006). Erosionsrisken minskar i de anordningar som används för att kunna reglera vattennivån och öka magasineringens volymen. Överfallet i dessa anordningar sker inne i konstruktionen som så risken för erosionsgropar och andra erosionskador minskar (Andersson, personligt meddelande 2011). I figur 11 finns skisser på ett vertikalt perforerat rör och en hävert två lösningar för att reglera vattennivån i dammen. En munk är också användbar när vattennivån ska regleras (Persson, 1998).



Figur 11. Utloppsanordningar för magasinering i dagvattendammar. Dessa utlopp skyddar också anläggningen mot erosionskador då fallet sker inne i ledningarna. Efter Persson, 1998.

Dammbankar och slänter

Jordmaterialet på slänter och dammbankar är som tidigare nämnts mer lättroderat än jordmaterialet på botten i vattendraget (Ohlsson, 1994). Materialet i slänten påverkas inte bara av krafterna från vattnet utan även av sin egen tyngdkraft. Den kritiska gränshastigheten (vattenhastighet innan erosion uppstår) är lägre för material i slänter, se figur 12, jämfört med den kritiska gränshastigheten för jordmaterial på horisontella ytor (Vägverket, 1987).



Figur 12. Den kritiska gränshastigheten för jordmaterial i slänter. Diagrammet visar hastighet i procent av hastigheten på horisontella ytor.

Vilken lutning som går att ha på slänterna påverkas av jordmaterialet. Grovkornigt material ligger kvar i brantare slänter jämfört med finkornigt material. Släntlutningen bör inte vara brantare än 1:3. Vid brantare släntlutningar bör stabilitetsberäkningar göras (Carlsson & Persson, 2006).

Erosionsskydd

För att skydda mot erosion finns det flera olika metoder. Jag har valt att dela in erosionsskydden i två huvudkategorier: Ingenjörbiologiska metoder med vegetation som erosionsskyddande material och hårda erosionsskydd med sten och betong som skydd mot erosion. Det är dock inte ovanligt att dessa två metoder kombineras.

Vegetation som erosionsskydd

Ingenjörbiologin går ut på att stabilisera slänter med hjälp av vegetation. Växternas rötter binder jordmaterialet och skapar bättre jord med aggregatstruktur som gör jorden mer svåreroderad än jord med enkelkornstruktur (Piga & Rolf, 1997).

Rötterna har en armerande effekt på jorden, rotsystemet ökar skjuvhållfastheten i jorden eftersom rötterna tar upp skjuvspänningar. Hållfastheten i en vegetationsbegränsad slänt är begränsad av rötternas hållfasthet och möjlighet att få förankring i fastare material djupare ner i slänten. Vegetation är också viktigt för den renande effekten i dammarna (Piga & Rolf, 1997).

Förutom att växternas rötter binder och förbättrar strukturen på jorden utgör växtdelarna strömningsmotstånd som skyddar mot erosion (Ohlsson, 1994) Sådd av vegetation fungerar bra på slänter men eftersom vattennivån fluktuerar i dammarna kommer sådden att spolats bort i området där vattennivån fluktuerar. Sådd av gräsfröblandningar fungerar bra som skydd mot slänterosion men för att etablera vegetation i området där vattennivån fluktuerar krävs andra metoder (Rolf, Personligt meddelande 2011).

Prefabricerade vegetationsmattor

En prefabricerad vegetationsmatta är en matta tillverkad av biologiskt nedbrytbara fiber till exempel kokosfiber, i vilken man har förplanterat olika vattenväxter. Växterna växer direkt i kokosväven så mattorna innehåller ingen jord. Mattorna läggs ut och förankras med träspik för att de ska ligga kvar och skydda mot erosion innan rötterna har fått fäste i marken (Viacon, 2011). Prefabricerade vegetationsmattor ger ofta en snabb etablering av vegetation i vattenmiljöer. Stommen som består av kokosfiber skyddar underlaget mot erosion i några år. När mattan har brutits ner av naturen är det växternas rötter som binder jorden och skyddar mot erosionen (Veg Tech, 2011). Veg tech är en tillverkare av dessa mattor, de har inga uppgifter om vilka vattenhastigheter som erosionsmattorna klarar. För att etableringen av vegetationen ska lyckas är det viktigt att vattennivåerna i dammarna är noggrant beräknade så mattorna läggs på rätt djup (Tiberg, personligt meddelande 2011).

Figur 13 och 14 visar bilder från en dagvattendamm i skarpnäck där man har använt prefabricerade vegetationsmattor och pluggplantor av vattenväxter. Vid anläggningen användes två olika sorters växtmattor, närmast vattnet ligger en så kallad strandmatta och ovanför den en matta med förplanterad ängsflora (Veg Tech, 2011).



Figur 13. Bilden visar anläggningen av en damm i skarpnäck där vegetationsmattor ska skydda mot erosion. Foto Veg Tech



Figur 14. Dammen i skarpnäck två månader efter anläggning. I vattnet ser man pluggplantorna, närmast vattnet ligger en strandmatta och ovanför den ligger ängsmattor utlagda. Foto: Veg Tech

Nedbrytbara nät

Det finns många olika sorters nedbrytbara nät, mattor och dukar som används för att tillfälligt skydda mot erosion innan vegetation har etablerats. Några vanliga material i dessa mattor och nät är kokos, jute, halm och olika kombinationer av dessa. Det finns också mattor som är förberedda med gräsfröer. Näten läggs ut och bildar tillsammans med insädd vegetation ett skydd mot erosion. Efter några år har

vegetationen vuxit sig tät och skyddar mot erosionen då kokosmattan har förmultnat. En del mattor skyddar mot vinderosion, nät av jute har god förmåga att hålla vatten vilket är bra för sådden under torrare perioder. (Byggros, 2011).

I figur 15 ser man bilder från anläggningen av en damm i Falkenberg där man har använt nät och grässådd som erosionsskydd. Näten ger ett tillfälligt skydd mot erosion och håller kvar fröerna på plats och ger dem en skyddande miljö att gro i.



Figur 15. Bilden till vänster visar en damm under anläggning av erosionsskydd av nedbrytbara nät. Bilden till höger visar första sommaren efter anläggning. Källa och rättigheter THULICA AB.

Hydroseeding-sprutsådd

En blandning av gräsfröer vatten, träfibermulch, näring, jordförbättrande medel och ett bindmedel, sprutas ut med högtryck på marken. Fröerna fördelas jämnt över ytan. Fröerna binds till mulchen med ett organsikt klister, tillsammans fungerar det som ett växthus som binder både fukt och näring. Metoden ger ofta en snabb etablering eftersom utsädet får goda möjligheter att skapa ett kraftigt rotsystem på kort tid. Sprutsådd av gräs och förblandningar ger en snabb etablering vilket är viktigt för att förhindra att erosion uppstår (Golfmaskiner landscaping, uå).

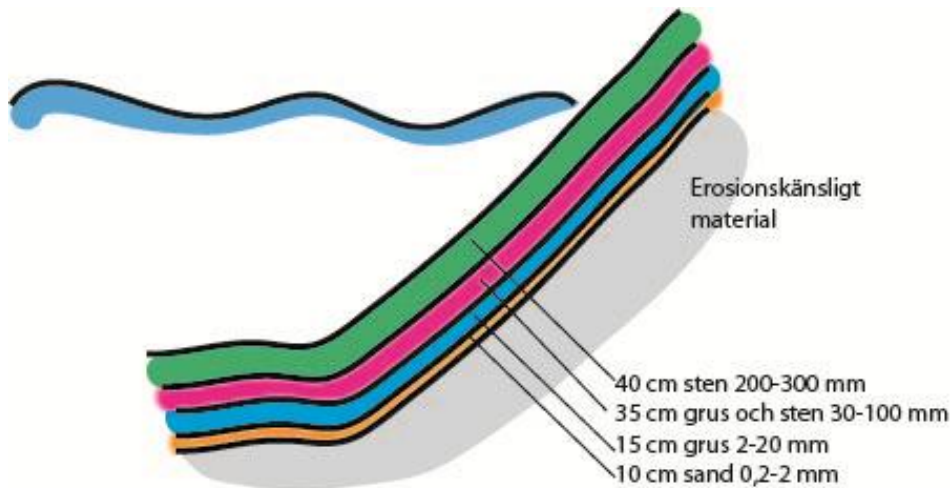
Hårda erosionsskydd

Erosionsskydd av sten och betong används främst vid större dammar och vattendrag och särskilt för att skydda väg och brokonstruktioner eller i andra sammanhang där erosion kan leda till allvarliga skador.

Filter

Ett filter är ett lager sten som går att använda som skydd mot strand- bank- och bottenerosion. Filter fungerar där strömhastigheterna är låga till medelhöga (<3m/s). Ett filter ska byggas upp i flera skikt, antalet skikt som behövs beror på vattenhastigheten och hur erosionskänsligt basmaterialet är. Det går att ersätta det finkornigaste materialet i ett filter med en fiberduk. Det krävs inget speciellt förarbete för att lägga ett filter som erosionsskydd (Ohlsson, 1994). På slänter under vatten som är brantare än 1:2 bör erosionsskydd av stenmaterial inte användas (Vägverket, 1987). Erosionsskyddande filter kan läggas enligt två olika modeller, sorterat i olika skikt eller som blandfilter. I sorterade filter läggs gruset i två eller flera

lager med ökande kornstorlek från botten och uppåt. Kornstorleken på materialet i filtret ska successivt öka i de olika skikten med det finkorningaste materialet i botten, se figur 16. (Cederwall, 1984). I ett filter finns kornstorlekar mellan 0-300 fördelat i flera olika lager. (Ohlsson, 1994). I ett blandfilter där alla fraktionerna är blandade i ett skikt kommer en stenpäls att bildas när finare partiklar har tvättats ur filtret. Det är stenpälsen som skyddar mot erosion (Vägverket, 1987).



Figur 16. Erosionsskyddande filter läggs i flera skikt med finare fraktioner närmast botten. Efter Handboken bygg- Geoteknik 1984.

Geotextiler

Geotextil går att använda som tillfälligt erosionsskydd för att motverka erosion på dammbankar och slänter. Underlaget måste vara jämnt och fritt från vegetation.. Geotextilen måste förankras och ska täckas med ett lager av grus eller sten innan man lägger på ett ytlager, geotextilen förhindrar att finare material spolats bort av vattnet (Ohlsson, 1994).

Tredimensionella nät

Används för att skydda mot bank- och bottenerosion och fungerar i låga till medelhöga strömhastigheter (<3m/s). Näten kan fyllas och täckas med sten och grus eller bitumenbundet makadam. Det går också att fylla näten med jord och plantera vegetation så att rötter kan fästa i näten (Ohlsson, 1994).

Enkammat är ett tredimensionellt nät som används över hela världen. Den finns i flera utföranden och olika material bland annat polyamid och polyester. Mattorna ska läggas ut på avjämnt underlag, mattorna fylls med jord och sås med en fröblandning. Växtrötterna integreras med nätet och ger en stabil konstruktion som skyddar mot erosion (bg byggros AB, uå).

Det finns flera olika tillverkare av tredimensionella nät, som fungerar på samma sätt, näten fungerar som en förlängning av rotsystemet och bidrar till en stabilare slänt med mindre risk för erosion.

Övriga erosionsskydd

Det finns flera sätt att skydda mot erosion, i dagvattendammar där vattenhastigheten oftast är låg är de metoder som följer ovanliga men de förekommer i en del anläggningar.

En gabion är en kassett av stålnät som fylls med stenar se figur 17. Gabioner används för att skydda mot bank- och bottenerosion. Gabioner fungerar i högs strömhastigheter ($<8\text{m/s}$). Gabioner finns i olika storlekar och största stenstorlek beror på strömhastigheten. Vid höga strömhastigheter kan det behövas ett filter eller geotextil mellan gabionen och basmaterialet för att undvika att basmaterialet sköljs bort genom gabionen (Ohlsson, 1994).

Betongblock används som skydd mot strand-, bank- och bottenerosion. Betongblock kan användas som erosionsskydd i vatten där strömhastigheterna är höga, upp till 8m/s . Betongblocken kan förankras i varandra. Området mellan blocken kan fyllas med sand, grus eller mastix (gjutasfalt). Om mellanrummen fylls ut blir skyddet styvare, risken för att finare material sköljs ur genom skydden minskar men styvheten gör att brott kan uppstå i materialet. Det går också att använda en geotextil för att förhindra att basmaterial sköljs ur genom skyddet (Ohlsson, 1994).



Figur 17. Gabioner har använts som erosionsskydd. Källa och rättigheter THULICA AB.

Betongmadrasser används för att skydda mot strand-, bank- och bottenerosion erosionsskyddet klarar höga vattenhastigheter upp till 8m/s . Betongmadrassen består av två fiberdukar som vävs ihop. De fickor som bildas i duken fyller man med betong. Betongmadrassen blir ett flexibelt skydd men underlaget bör vara avjämnat för att det ska fungera bra som erosionsskydd (Ohlsson, 1994).

Manualer

Det finns få svenska manualer som berör dimensionering av erosionsskydd. De manualer som finns vänder sig framförallt till projektörer inom väg och brobyggnad. Intill större vattendrag kan erosion leda till att väg- och brokonstruktionen kollapsar för att förhindra det har vägverket en manual som heter: *Erosionsskydd i vatten vid väg- och brobyggnad* (1987:18). I rapporten finns det att läsa om erosion och erosionsskydd. Även denna skrift är inriktad på större anläggningar för att undvika skador på vägar och broar som följd av erosion. Det finns dimensioneringsanvisningar för filter, samkross, gabioner och betongmadrasser.

Manualer på svenska är något som efterfrågas i branschen. I tidskriften Bygginfo PM som ges ut av Svensk Byggtjänst har Bo Hellsing skrivit artikeln, *Svårt hitta information om erosion*. I artikeln kan man läsa följande:

”Utformning och dimensionering av erosionsskydd längs våra kuster och sjöar baseras, i brist på svenska anvisningar, ofta på den enskilde ingenjörens kunskap och erfarenheter.” (Hellsing,2006)

Bo Hellsings artikel bygger framförallt på Statens geotekniska instituts rapport *Varia 558: Dimensionering och modellering av erosionsskydd*. I den rapporten beskrivs utbudet av manualer som beskriver erosionsskydd på följande vis:

”Det finns få svenska regler och dimensioneringsanvisningar för erosionsskydd publicerade. Erosionsproblematiken finns i generella ordalag beskriven i olika geotekniska handböcker, t.ex. Handboken Bygg, Band Geoteknik(1984) och i läroböcker i vattenbyggnadsteknik.” (Odén & Johansson, 2005)

I *Handboken Bygg, Band Geoteknik*(1984) finns det 8 sidor om erosion och erosionsskydd. Boken tar upp grundläggande fakta om erosion och ger exempel på utformning och dimensionering av filter, gabioner och betongplattor. Det går även att läsa om erosion vid brostöd och kanaldimensionering. Manualen riktar sig åt erosionsskydd vid större vattendrag.

I skredkommisionens rapport *Erosionsskydd i samband med förstärkningsåtgärder för slänter* (1994) finns olika typer av erosionsskydd beskrivna. I rapporten går det att läsa om vilka vattenhastigheter som respektive erosionsskydd klarar av. Det går också att läsa om vilka släntlutningar som är lämpliga och vilket förarbete som krävs för att anlägga erosionsskyddet.

Fältstudie

Till fältstudien valdes 7st dagvattendammar i stockholmsområdet. Dessa dammarna har jag besiktigt för att undersöka det befintliga erosionskyddet ser ut. Jag har också kollat efter vilka möjligheter som finns för att erosion ska kunna uppstå och vilka skador som har orsakats av erosion i dammarna. För att få ytterligare information om dammarnas erosionskydd har jag pratat med projektörerna som utformat dammarna. I vissa fall har jag kunnat studera ritningar och dokument från projekteringen av dammarna.

Utvalda dammar

I Tabell 1, har jag listat de dammar som ingår i studien. Dammarna är slumpvis utvalda och ligger i och runtom Stockholm.

Tabell 1. Dagvattendammarna i studien, och uppgifter om storlek och avrinningsområde.

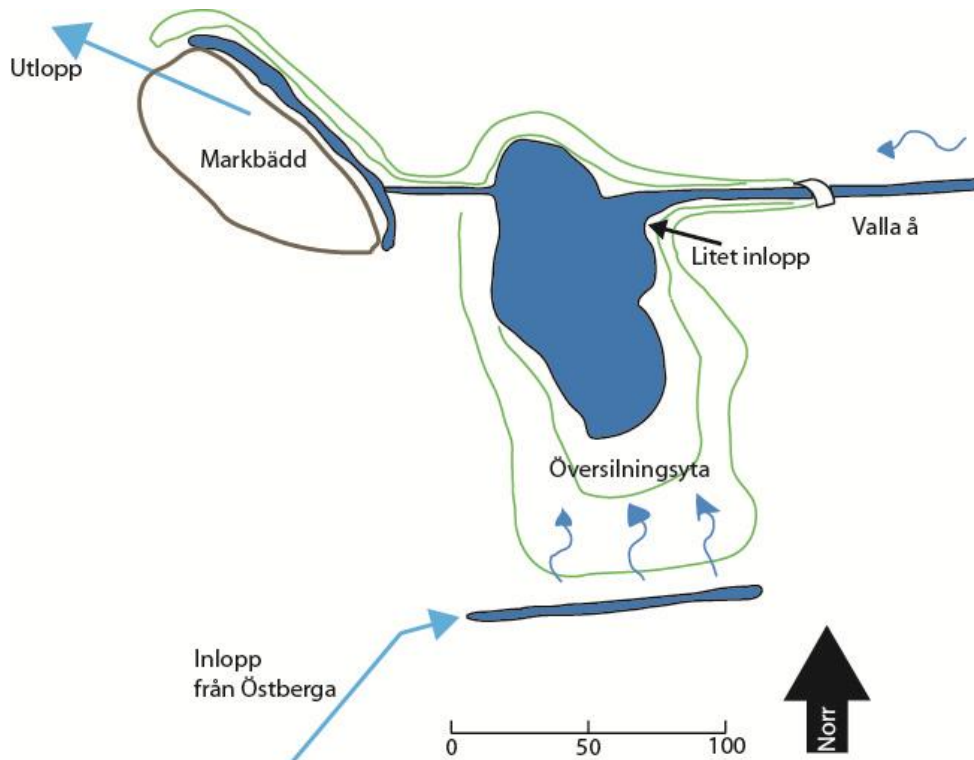
Damm	Plats	Storlek	Avrinningsområde	Byggår	Projektör
Valla damm	Årsta	5000 m ²	60 ha bebyggelse, 12 ha gata, 45 ha naturmark	2001	Tyréns
Myrsjödammen	Nacka	300 + m ²	26ha Industri, 50 ha Natur	2006	WRS Uppsala
Kolardammarna	Tyresö	16600 m ²	850 ha, 50% bebyggelse, 50% Natur	1998	Sweco
Droppen	Tyresö	2000 m ²	Villabebyggelse och naturmark	1998	Sweco
Fornuddsparken	Tyresö	1200 m ²	Villabebyggelse och naturmark	2002	Sweco
Visinge	Täby	6000 m ²	200 ha Bebyggelse, 170 ha naturmark	2009	Täby kommun
Vallatorpsdammen	Täby	1000 m ²	15 ha villabebyggelse	2003	okänt

Alla dammarna har samma huvudfunktion, att rena dagvatten. Dammarnas form och storlek varierar mycket. Avrinningsområdets storlek och vilka ämnen som behöver avskiljas från vattnet har spelat roll i utformningen av dammarna men även vilka övriga värden de skall ge i området där de ligger, till exempel rekreation eller ökad biologisk mångfald.

Den äldsta dammen är byggd 1998 och den senaste byggdes 2009. I storlek varierar de mellan 300 m² och 16600 m². Kolardammen som är ca 10000 m² större än näst största dammen är betydligt mycket större än de övriga anläggningarna.

Valla damm

Valla damm ligger på Årstafältet. Dammens area är 5240 m². Avrinningsområdet är på 115 ha varav 60 ha är bebyggelse, 12 ha gata och parkering och 45 ha naturmark. Dammen projekterades 2000 och stod färdig 2002.



Figur 18. Skiss över Valla damm.

Utformning, se figur 18.

Dagvattnet kommer in i dammen från tre olika inlopp. Största mängden vatten kommer från Valla å som rinner in från öster. Ett litet inlopp med dräneringsvatten från fotbollsplanerna på Årstafältet mynnar precis bredvid Valla å. Söder om dammen ligger en översilningsyta, till den kommer dagvatten från Östbergahöjden. Till översilningsytan leds dagvatten via ett rör som mynnar ut i ett dike som fördelar vattnet över översilningsytan. Efter dammen rinner vattnet vidare i Valla å till en markbädd av kalksten. I markbädden finns ledningar som leder vattnet till Årstaviken i Mälaren. Dammen är dimensionerad för ett 10 års regn, vilken metod som använts för beräkningar av flöden har inte gått att få reda på. I översilningsytan växer gräs, mossor och örter för att avskilja olja och metaller från dagvattnet. I dammen ska växter hjälpa till att rena vattnet från kväve och fosfor. Kalkstenen i markbädden binder metaller och fosfor.

Möjlighet till erosion:

I översilningsytan finns risk för att kanaler kan bildas om vattnet sprids ojämnt över ytan. Vid inloppen finns erosionsrisker då vattnet kommer med högre hastigheter. Utloppen är en annan känslig plats där vattnets utbredning minskar vilket leder till högre vattenhastigheter.

Erosionsskydd

I dammens norra del har det byggts en stenskoning av stora granitblock som fungerar dels som erosionsskydd dels som sittplats åt besökare. På andra delar i dammen har man jobbat med perenna växter och ett nät för att förhindra och dämpa erosionen. För att minska flödes hastigheten och öka spridningen ligger det stora granitblock, se figur 19 i inloppet från Valla å. Blocken blir också en lekplats för barn och ett sätt att närmre kunna kolla på vattnet för unga och nyfikna.



Figur 19. Granitblock vid inloppet från Valla å som sprider vattnet och därmed dämpar flödes hastigheter.

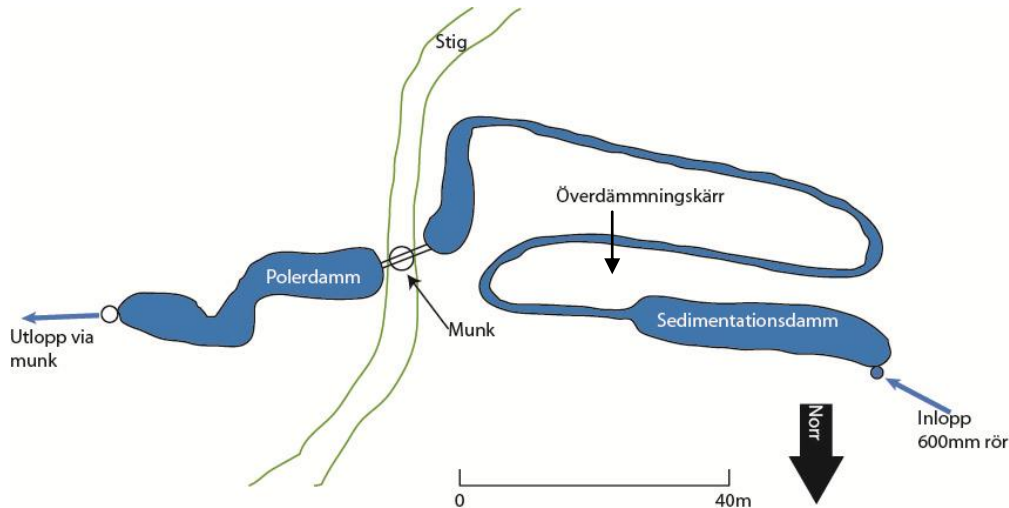
Utloppet i dammen är en öppning mellan två granitblock. Botten av utloppet är också granit. Konstruktionen ligger på 200mm makadam som ligger på en 150 mm tjock matta av stockar.

Erosion:

Vid ett av de mindre inloppen har en erosionsgrop bildats, och efter den en liten vall. Vattnet leds runt vallen och har börjat erodera på slänterna. I översilningsytan har en del små kanaler bildats men fortfarande sprids vattnet jämnt över ytan.

Myrsjöns våtmark

Dammen ligger i Nacka. Den våta ytan är 300m² men vid regn finns det gott om plats för att dammen ska kunna svämma över. Avrinningsområdet består av 26ha Industriområde och 40-50 ha skogsmark. Dammen är projekterad av WRS Uppsala AB och stod färdig 2006.



Figur 20. Skiss över myrsjöns våtmark.

Utformning: se figur 20.

Dammen är utformad i flera olika zoner där olika renande processer ska pågå. Inloppet, ett 600mm rör leder ut i en sedimenteringsdam, vattnet fortsätter sedan genom ett slingrande dike. I diket avskiljs slam och oljeföreningar. Vid stora flöden finns det möjlighet för vattnet att bredda över på överdämningskärret. Efter diket leds vattnet genom en munk till en poleringsdam. Poleringsdammen fungerar som kontrollzon, där man dels genom provtagning men också genom att studera vilka djur och insektsarter som påträffas i den delen av våtmarken kan kontrollera att vattenreningen fungerar.

Dimensioneringen av dammen är baserad på en beräkning med rationella metoden där maxflödet har beräknats till 2700 l/s. Man har använt sig av en schablon för ett 10-minutersregn med två års återkomsttid. Flödet utjämnas en del i avrinningsområdet och ledningsnätet. Så baserat på lutningen och dimensionen på kulverten som leder till våtmarken bedömde man att det verkliga maxflödet skulle vara 600-800 l/s.

Möjlighet till erosion:

Dammen är byggd på en lerjord och jorden har inte bedömts som erosionskänslig. De punkterna där erosion har störst möjlighet att uppstå i dammen är inloppet, slänterna och utloppet. Inloppet är förstärkt med stenmaterial och mynnar i en sedimentationsdam. I det meandrande diket finns risk för erosion på slänterna

främst i svängarna där vattenhastigheten är högst. I utloppet är erosionsrisken liten eftersom höjdskillnaderna där vattnet faller sker inne i en munk.

Erosionsskydd:

Slänterna har man sått med en gräsfröblandning för vägslänter som skall vara bindande för att undvika erosion. Höjdskillnaderna mellan dammen och poleringsdammen samt mellan poleringsdammen och utloppet sker inne i två stycken munkar. På så sätt har man minskat risken för erosion eftersom fallen sker inne i munkarna.

Erosion:

Det har uppstått viss erosion där vattnet möter slänterna, se figur 21. Grässådden har inte etablerats där vattnet fluktuerar alltså, mellan de olika vattennivåer som brukar förekomma i dammen.

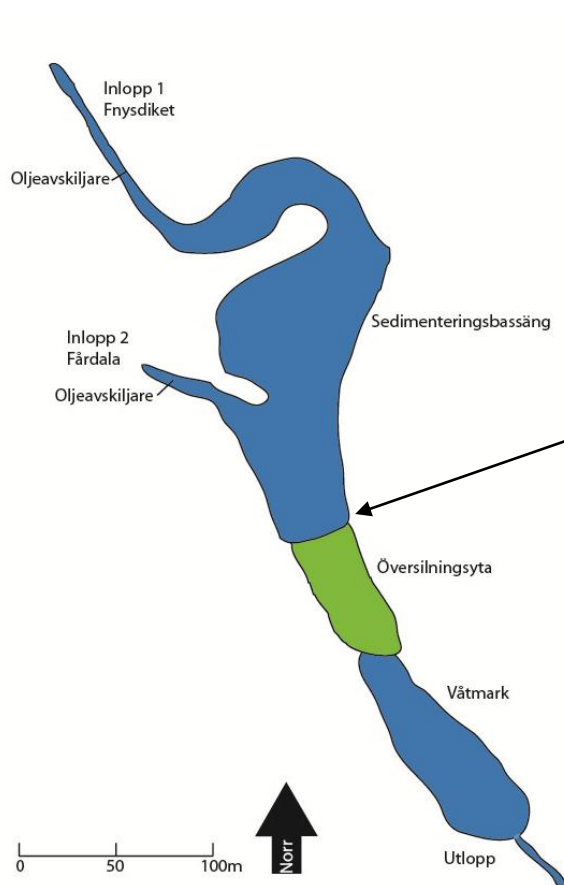


Figur 21. Myrsjödammen, till vänster på bilden syns inloppet. Längst ner på slänterna har erosion uppstått.

Enligt Jonas Andersson som har projekterat dammen har man inte använt sig av några manualer. Han säger också att det är så många olika faktorer som spelar in vid olika dammanläggningar att manualer inte går att använda. Jonas har jobbat med ett 50-tal dammar och undviker att använda sig av makadam och stenfilter som erosionsskydd. Han föredrar där man kan använda sig av befintlig jord och så in bindande vegetation och vattenväxter som starr och liknande.

Kolardammen

Dammen ligger i Tyresö, söder om Stockholm. Dammens area är 16600 m². Avrinningsområdet är 850 ha och består av 50 % urban mark, 40 % skog och 10 % öppen naturmark. Dammen är anlagd 1998.



Figur 23. Flödesdämpare för att sprida vatten och minska erosion som leder till kanalbildning i översilningsytan.

Figur. 22 Skiss över Kolardammen.

Utformning: se figur 22.

90 % av vattnet i dammanläggningen kommer från inlopp 1, Fnysdiket. Vattnet leds in i dammen genom en oljeavskiljare vidare till en sedimenteringsdamm. Inlopp 2 från Fårdala leds också genom oljeavskiljare ut i sedimenteringsdammen. Vattnet leds vidare över en översilningsyta där kväveavskiljning sker. För att minska erosion som leder till att fåror och kanaler bildas finns det en träkonstruktion som sprider vattnet och dämpar flödet in i översilningsytan, se figur 23. Efter översilningsytan leds vattnet ut genom en våtmark eller biodamm som den också kallas till utloppet mot Albysjön. Hela området runt dammen är ett naturreservat.

Möjlighet till erosion:

Dammen är byggd på lerjord med flacka slänter för att undvika erosion. De stora erosionsriskerna i dammen är på översilningsytan och utloppet som är en vall där vattnet faller över en grov plank.

Erosionsskydd:

I kolardammen har man försökt att förebygga erosion på flera olika sätt. Inlopp två är hästskoformat för att bromsa upp flödes hastigheten och följs av en sedimentationsbassäng och oljeavskiljare så när vattnet når dammen är vattenhastigheten låg. Innan översilningsytan har man byggt en träkonstruktion som innehåller ett tiotal skiboards som ska bromsa upp vattenhastigheten och sprida vattnet jämnt över ytan som är planterad med vegetationsmattor av kokosnät. I alla slänterna har det planterats ut växter och slänterna är flacka. Jordarten i området består av täta leror så erosionsrisken är bedömd som liten.

Erosion:

Erosionsskador har uppstått på översilningsytan, en kanal har bildats i översilningsytan, se figur 24. Allt vatten rinner i kanalen istället för att rinna över ytan. Kanalen är ca en halv meter djup och lika bred och slingrar sig fram över ytan. Vid utloppet har också erosion skett, kanske då vattnet rinner ut snabbare eftersom det rinner i kanalen och inte över översilningsytan. I överfallet, som består av kullersten satt i betong, har många stenar försvunnit och hål har bildats.

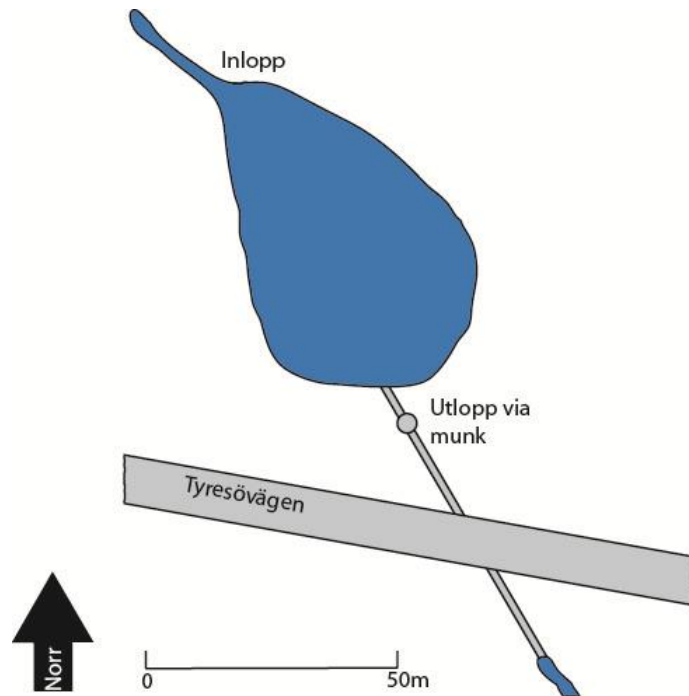


Figur 24. I översilningsytan har erosionen bildat en kanal.

Eftersom vattnet inte rinner över översilningsytan utan i kanalen blir den renande effekten i dammen sämre. Dessutom rinner vattnet snabbare i kanalen än över översilningsytan vilket leder till ett ökat flöde i diket efter utloppet. I diket sker också erosion vilket leder till att mer partiklar följer med strömmen ut i Albysjön.

Droppen

Droppen ligger i Tyresö och dammens area är 2000m². Avrinningsområdet består av villatomter och naturmark. Dammen är projekterad av Sweco och svar färdigbyggd 1998.



Figur 25. Skiss över Droppen.

Utformning, se figur 25.

Dammen är som framgår av namnet droppformad. Inloppet kommer från ett dike och utloppet går genom en munk. Runt dammen växer det ett tiotal alar.

Möjlighet till erosion:

Riskerna för erosion är små i Droppen som är byggd på en lerjord. Dagvattnet kommer till dammen via ett dike som successivt ökar i bredd. I dammen blir vattennivån djupare och vattnet får plats att breda ut sig. Slänterna är väldigt flacka. Utloppet går genom en munk så även här är risken för erosionskador små.

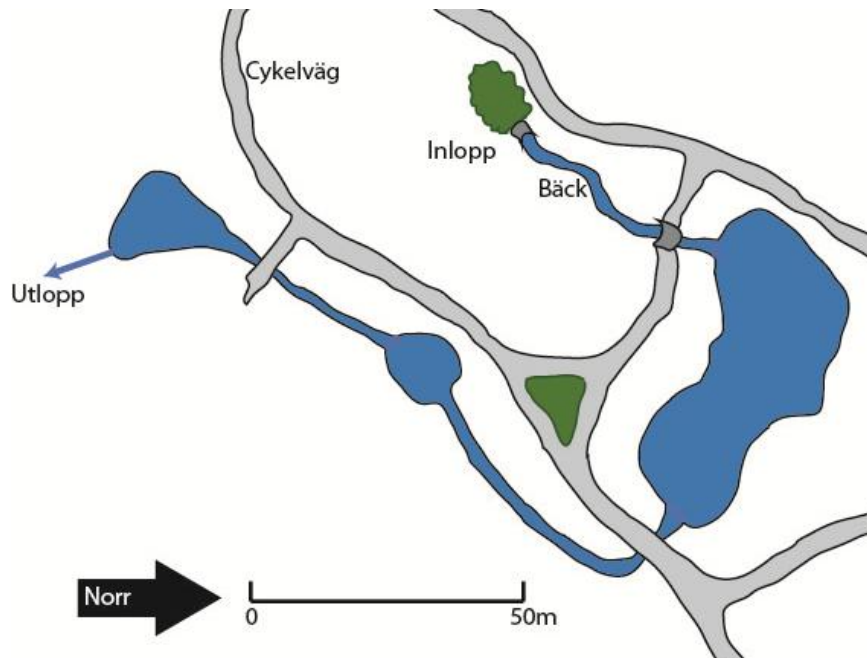
Erosionsskydd:

Enligt kommunen finns inget erosionsskydd. I slänterna som är flacka växer gräs och ett tiotal alar står runt dammen.

Erosion: Ingen erosion har gått att se vid okulär besiktning.

Fornuddsdammen

I Fornuddsparken i Tyresö ligger dagvattendammen. Dammens area är 1200 m². Avrinningsområdet består av främst villatomter och naturmark. Dammen är anlagd 2002.



Figur. 26. Skiss över Fornuddsdammen

Utformning se figur 26.

Dagvattnet kommer via en ledning ut i en "bäck" som leder ner vattnet till dammen. Dammen är avlång och vattnet leds vidare efter dammen i en å via två sedimentationsdammar ut i drevviken.

Möjlighet till erosion:

Dammen är anlagd på en gammal tipp. För att undvika att vattnet för med föroreningar från marken ligger en gummiduk i botten av dammen. Ovanpå duken ligger grusmaterial utlagt. Möjligheten till erosion är liten då grusets fraktioner inte kommer flyttas av vattnet. I bäcken har vattnet högst hastighet men har ligger block och större stenar som inte kommer flyttas. Se figur 27.



Figur 27. Block och sten ska förhindra erosion i inloppsbäcken.

Erosionsskydd:

Gummiduken och gruset skyddar dammen från erosion.

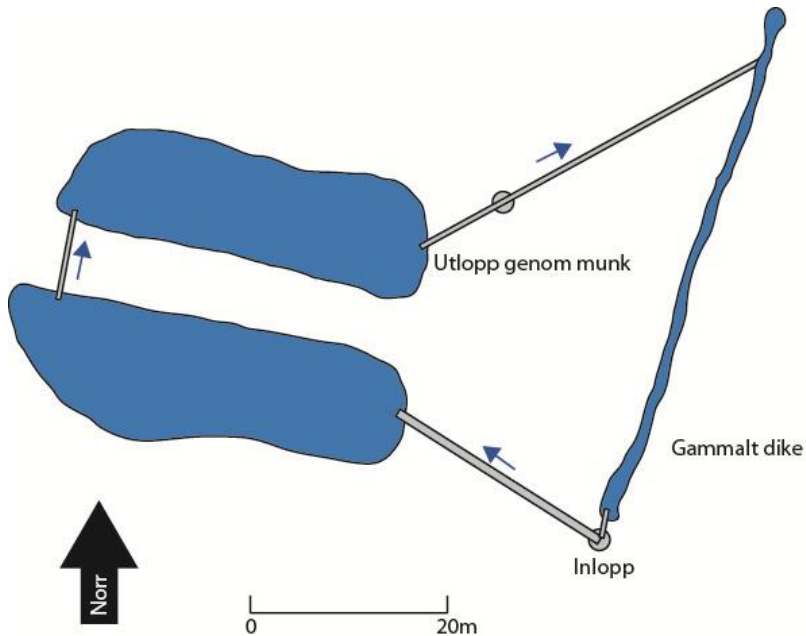
Efter inloppsörret leds vattnet ner i dammen genom en konstruerad bäck. I Bäck
ligger block och sten som skall förhindra erosion.

Erosion:

Ingen erosion har gått att se vid okulär besiktning.

Vallatorpsdammarna

Vallatorpsdammarna ligger i Täby norr om Stockholm. Dammens area är 100m². Avrinningsområdet är 15 ha och består av en förskola och villabebyggelse. Dammen anlades 2003.



Figur 28. Skiss över vallatorpsdammarna.

Utformning: se figur 28.

Dagvattnet leds från en ledning till den första dammen. Vattnet leds vidare över till nästa damm och ut till det gamla diket genom en munk. Utformningen gör att dammen får goda magasineringmöjligheter. Vattenflödet i dammen är beräknat till 27 000m³/år. Vilken metod som har använts för beräkningarna framgår inte.

Möjlighet till erosion:

Flödet till dammen är litet. Dammen har god utjämningskapacitet och största risken för erosion är på slänterna i vattenkanten. Både in och utlopp går genom en munk vilket minskar risken för erosionskador.

Erosionsskydd:

Dammbankarna är beväxta med gräs och en del vattenväxter. Dammen tar emot små flöden, fallhöjderna för vattnet finns inne i munkar och ledningar så risken för erosion i dammen är liten.

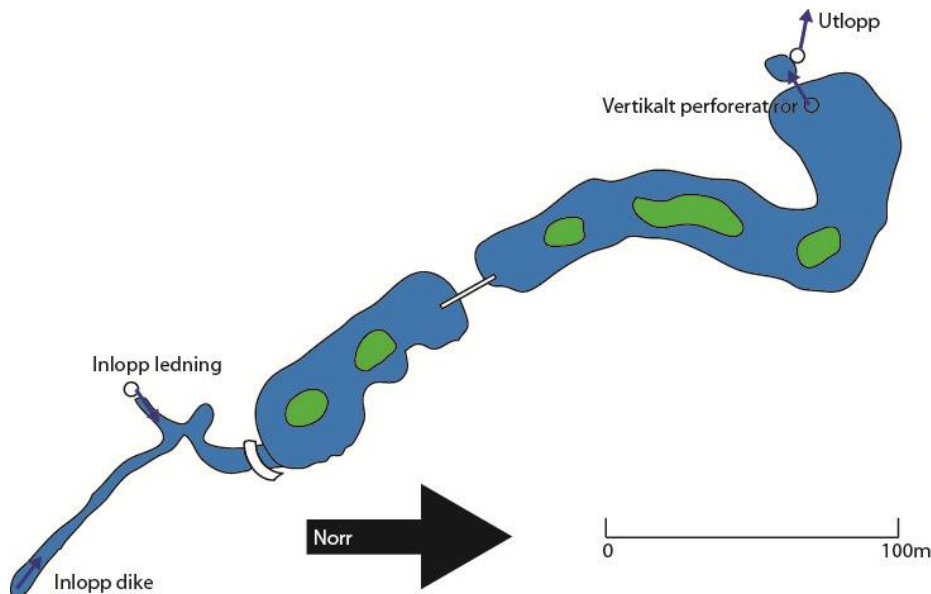
Erosion:

Ingen erosion har gått att se vid okulär besiktning.

Visingedammen

Visingedammen ligger i Täby. Dammens area är 6000m². Avrinningsområdet är 370ha varav 200 ha är villabebyggelse och resterande 170 ha är naturmark. Dammen är projekterad av Täby Kommun.

Den totala bebyggda ytan inom avrinningsområdet är ca 275 ha. Bebyggelsen är av låghuskaraktär med en stor andel grönytor. Behandlingsytorna bör tillsammans vara ca 2,1 ha stora för en effektiv föroreningsavskiljning.



Figurr 29. Skiss över visingedammen.

Utformning: se figur 29.

Dagvattnet kommer in i anläggningen från diket och ledningarna, vattnet går genom en oljeavskiljare och ut i en sedimenteringsbassäng. Vattnet rinner genom ett rör in i nästa damm. Utloppet går genom en munk ut i en liten bassäng där vattnet rinner iväg i en kulvert. Flödet är beräknat till 518 959 m³/år.

Möjlighet till erosion:

Erosionsrisken är störst i kanalerna där vattnets hastighet ökar i och med att vattenhastigheten ökar här. Erosionsrisk finns även vid slänterna som är brantare än många andra dammar i studien. På flera ställen i slänterna finns ingen vegetation. Här finns det risk att erosion ska uppstå på slänterna vid vattenkanten. Det finns också risk för yterrosion i slänterna vid regn.

Erosionsskydd:

I kanalerna är naturstensblandning utlagt i ett ca 2 dm tjockt lager direkt på underlagrande lera se figur 30. Naturstensblandningen är blandad med lika delar av följande fraktioner: 8-16, 16-32 och 90-150.



Figur 30. Erosionsskydd utav naturgrus i Visingedammen.

Erosion:

Det har uppstått erosion på dammbankar och slänter. Det finns ganska branta slänter vid dammen. På många ställen finns det ingen vegetation som kan motverka erosion i dammen. Bristen på vegetation har också lett till att det uppstått yterrosion på slänterna. Främst handlar det om planteringsjord som har spolats ned i dammen av regn och smältvatten.

Konklusion dammbesiktningar

Möjligheter till erosion i dammarna

Av litteraturstudien framgick det att det är vattenhastigheten i kombination med jordarten som avgör om det kommer att uppstå erosion i dammen. I de dammarna i studien som är mindre än 2000 m² är vattenhastigheten så låg och jordarten består av lera så risken för erosion är liten. Erosionsrisken ligger främst i inloppet och på slänterna. Dammarna har efter inloppet en sedimentationszon så vattenhastigheten minskar snabbt och därmed minskar erosionsrisken.

De större dammarna tar emot mer vatten och har högre vattenhastigheter vilket leder till att erosionsrisken ökar. Två av de större dammarna har översilningsytor, på dessa finns risken för erosion som leder till kanalbildning om vattenhastigheten inte bromsas upp och vattnet sprids jämnt över ytan. Det är också viktigt att växtetableringen på översilningsytorna lyckas så det inte finns öppen jord när vattnet börjar rinna över ytan. I Visingedammen som är en av de stora dammarna finns det kanaler mellan öarna i dammen. I kanalerna finns en förhöjd erosionsrisk eftersom vattenhastigheten ökar när vattnet får mindre plats att breda ut sig på.

Befintligt erosionsskydd

Alla dammarna har en djupzon efter de större inloppen för att vattenhastigheten ska minska och sedimentation skall påbörjas. Detta skyddar också anläggningen mot erosion eftersom det ofta är efter inloppen som erosionsgropar uppstår. I de små dammarna (under 2000m²) har inget erosionsskydd använts förutom grässådd och plantering av vattenväxter.

En av dammarna är helt beklädd av sten, dels för att förhindra erosion och dels för att hålla en gummiduk på plats för att undvika utblandning med förorenat markmaterial som finns i basmaterialet.

I Visningedammen har 2 dm lager natursten lagts ut på i tre kanaler där erosionsrisken är större. Naturstenen är utlagt i ett blandfilter i fraktioner mellan 8-150mm.

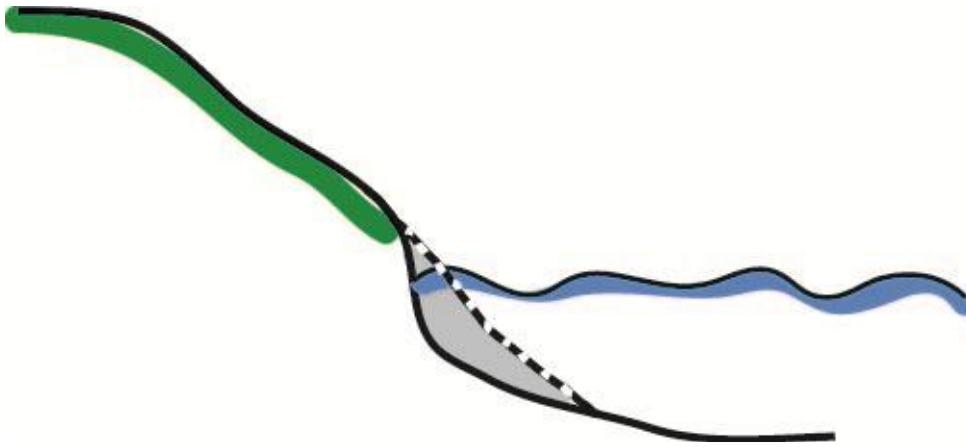
I Valla damm har en stenskonung använts för att skydda mot erosion och ge ett estetiskt intryck. I dammen användes också kokosnät för att etablera växter vid rotzonsanläggningar och i slänter.

I Kolardamen har man försökt minska flödet och öka spridningen av vattnet med en skibordskonstruktion innan översilningsytan. Översilningsytan har byggts upp med prefabricerade vegetationsmattor för att skydda mot erosion och kunna få etablering av växter i en svår växtmiljö.

Erosionsskador

Erosion förekommer i alla dammar i studien. Men i de flesta fall är det mycket små skador som har uppstått. Främst beror dessa skador på att det inte går att så i områden som är under vatten. Eftersom det inte har funnits vegetation som kan

skydda mot erosion så har jorden eroderats bort. Slänten har blivit brantare i det området där vattnet fluktuerar, se figur 31.



Figur 31. Eftersom det inte går att så i området där vattnet fluktuerar har erosion uppstått i släntens nedre kant.

Den största erosionskadan finns på en av översilningsytorna där en djup kanal har bildats på ena sidan. Nästan allt vatten rinner i kanalen istället för att silas över ytan. På den andra översilningsytan har viss kanalbildning uppstått.

Vid ett inlopp i Valla damm har en erosionsgrop bildats och efter gropen har en vall som tvingar vattnet att rinna längs slänterna uppstått. Erosion har börjat verka på slänterna.

Vid utloppet i kolardammen har kullerstenar som varit satta i betong eroderats bort. Utloppsvattnet tar nya vägar under konstruktionen vilket försvagar utloppet och i värsta fall skulle kunna leda till att trästocken som reglerar vattennivån i dammen kollapsar.

Yterrosion har bildats på slänterna i Visingedammen då vegetationen inte har etablerats. Det leder till att sediment hamnar i dammen vilket försämrar vattenkvaliteten. Skulle erosionen fortsätta kan större skador uppstå som påverkar dammen utformning.

Diskussion

Metoddiskussion

Valet av dammar har skett slumpvis, inledningsvis var det var svårt att hitta dammar. Jag gick igenom olika inventeringar och fick en lista från Stockholm vatten med några dagvattendammar i kommunen. I inventeringarna fanns endast ett fåtal dagvattendammar i Stockholm med. Någon inventering över alla Stockholms dagvattenanläggningar finns inte. Jag valde ut 7 dammar till studien. När jag valde dammarna visste jag ingenting om dem. Studien hade troligen gett ett annat resultat om jag letat efter dammar där det fanns erosionsproblem eller om dammarna legat i erosionskänsliga jordar. Men jag tycker att de dammar jag har valt är representativa för den vanliga dagvattendammen.

Vädret har varit besvärligt vid besöken, på grund av mycket snö och is så det har varit svårt att se hur dammarna är utformade, hur slänterna ser ut och om det har eroderat i anläggningen. Vilka tekniska lösningar som har använts och om de har fungerat eller om det har uppstått erosion.

Litteraturstudien har gett många uppslag och det har varit svårt att håla sig inom arbetets avgränsningar. Det mesta som berör erosionskydd i vattenmiljöer vänder sig mot större vattendrag och kraftdammar, samt stranderosion. Några manualer för hur man dimensionerar erosionskydd i dagvattendammar finns inte.

Litteratur

Den litteratur som finns om erosionskydd handlar i princip bara om erosionskydd för större dammar tex, kraftverksdammar och större vattendrag där erosionen kan leda till skador på konstruktionen till exempel vägar och broar.

Mycket information om erosionskyddsprodukter till exempel vegetationsmattor och 3D-nät kommer från återförsäljare och tillverkare av dessa produkter. Det ska tas i beaktande att den informationen kan vara subjektiv och används för att sälja deras produkter.

Diskussion av resultat

I tre av dammarna i studien har ingen erosion gått att se vid de okulära besiktningarna som gjordes i studien. Det är i Fornuddsdammen, Vallatorpsdammarna och Droppen. Vid studien var det mycket snö som kan ha dolt eventuella erosionskador. Droppen och Vallatorpsdammarna är små dammar med låga vattenhastigheter. Inloppen till dammarna är utformade så att erosion undviks genom att vattenhastigheten snabbt avtar. De båda dammarna har flacka bevuxna slänter. I vattenbrynet finns gott om vattenväxter som motverkar erosion vid vattenkanterna. Utloppen går genom munk i båda dammarna vilket minskar risken för erosion jämfört med utlopp av överfallstyp. I de två dammarna finns det alltså mycket små möjligheter för att erosion ska kunna uppstå under rådande förhållanden. Dessutom är båda dammarna är anlagda på lerjord. Lerjordar är mindre erosionskänsliga jämfört med friktionsjordar. I litteraturen framgår det att de mest erosionskänsliga jordarna är enkelkornsjordar med partikelstorlekar mellan 0,1 och 0,5 mm. Av dammarna i studien finns det ingen som är anlagd på enkelkornjord.

Dammen i Fornuddsparken skiljer sig mycket från de andra dammarna eftersom den är byggd med en gummiduk i botten. Gummiduken skyddar effektivt mot erosion eftersom vattnet inte kan spola bort basmaterialet. Några erosionskador har inte förekommit i Fornuddsdammen.

I litteraturen framgår det att risken för erosion blir större i brantare slänter. Av dammarna i studien har Visingedammen de brantaste slänterna. I Visingedammen har yterrosion skett på slänterna. På en del platser där slänterna är som brantast finns ingen vegetation. Troligen har fröerna runnit bort innan de har kunnat gro. Detta hade gått att undvika om dammen hade anlagts med nedbrytbara nät som kunde hålla kvar sådden tills den börjat gro. Långsiktigt tror jag att risken för större erosionskador är ganska små. Den jord som har eroderats bort är planteringsjord för grässådd. Under det ligger basmaterialet av lerjord som är mer svåreroderad.

Visingedammen är en av de tre dammarna i studien som har anlagts med hårda erosionskydd. I dammens kanaler ligger ett naturgrusfilter i blandade fraktioner. Jämför man filtret med dimensioneringskriterierna för filter i Skredkommissionens rapport *Erosionsskydd i samband med förstärkningsåtgärder för slänter*, (1994) är erosionskyddet i Visingedammen klenare dimensionerat. Vattenhastigheten i dammen är lägre än vad ett filter enligt manualen skall klara av så det fungerar säkert bra som erosionskydd. Naturgrus som är naturligt avrundat har mindre motståndskraft mot erosion jämfört med krossmaterial. Naturstenblandningen är inte dimensionerad efter någon manual utan baserad på projektörens tidigare erfarenheter av erosionskydd. Detta är vanligt i branschen och några svenska manualer för dagvattendammar finns inte. I flera artiklar och rapporter har manualer för dimensionering av erosionskydd efterfrågats. Det gäller främst för dimensionering av erosionskydd i större vattendrag och dammar, men att utveckla en manual för de förhållanden som förekommer i dagvattendammar skulle vara en bra idé. Anläggandet av dagvattendammar blir allt vanligare och för att sprida den kunskap som finns hos en del projektörer vidare och få bättre anläggningar som håller längre och mer effektivt renar dagvatten tycker jag att det skulle vara bra om det fanns en manual som gick att använda.

Erosionskador i vattenbrynet är vanligt förekommande och syns i flera dammar och i utloppsdiken efter själva dammen. Vanligen sås slänter med gräs eller ängsförblandningar. I området där vattnet vanligen fluktuerar går det inte att så eftersom sådden spolas bort. Nedbrytbara nät kan skydda till viss del men för att undvika det är prefabricerade vegetationsmattor att föredra. Plantering av pluggplantor av vattenväxter är ett bra komplement till vegetationsmattor för att undvika erosion i strandkanten.

Erosionskänslighet beror på jordmaterialets egenskaper och vattenhastigheten i dammen. För att sänka hastigheten har flera olika metoder använts i Kolardammen. Inlopp 2 har en hästskeformad sväng innan vattnet når en sedimentationsbassäng vilket effektivt dämpar vattenhastigheten. Längre ner i dammanläggningen finns en

träkonstruktion med seriemonterade skibord som ska sprida flödet över en översilningsyta. I översilningsytan har en kanal bildats, kanske som följd av att några av skiborden är trasiga och öppningen har vidgats och flödet över översilningsytan har blivit ojämnt fördelat. Kanalbildningen försämrar reningseffekten av ytan eftersom vattnet inte silas över ytan utan rinner i kanalen. Det hade varit intressant att veta vilka krafter mattorna står emot. De hårda erosionskydden har tydliga gränser för vilka vattenhastigheter och slänthlutningar de kan anläggas i. Det underlättar såklart för en projektör om det tydligt framgår vilka ändamål en produkt klarar av. Kanalen leder till att vattnet rinner snabbare genom systemet så vattenhastigheten över överfallet blir högre. I överfallet som är uppbyggt av en vall med kullersten satt i betong har många stenar lossnat och hål har uppstått i konstruktionen. Erosion kan uppstå under vallen som leder till att hela konstruktionen försvagas. Skulle den kollapsa skulle flödet i dammen påverkas och reningen försämras avsevärt. Erosionskador och översvämningar skulle kunna uppstå nedströms dammen.

I Valla damm finns en erosionsgrop efter ett litet inlopp. Gropen följs av en sedimentationsdam som tvingar ut vattnet mot slänterna. Små erosionskador har uppstått på slänterna. Vid inlopp som kommer med fall ur ledningar är det viktigt att skydda mot erosion. Ofta sker detta av sig själv eftersom man vill ha en djupzon efter inloppen för att vattenhastigheten ska sänkas och sedimenteringen i vattnet skall starta. Ledningarna brukar också läggas i ett lager makadam för att konstruktionen ska bli stabil och undvika skador av tjälskjutning. Att lägga ut lite extra makadam där vattnet kommer landa är en bra lösning för att undvika erosionsgropar. Har man möjligheten ska man sänka höjden på fallet så mycket det går eller om man på något annat sätt kan leda inloppet så att vattenhastigheten inte blir så hög.

Alla erosionskadorna hade gått att undvika om erosionskydd hade använts eller om det dimensionerats på annat sätt. Erosion i vattenkanten nedanför vegeterade slänter undviks enklast genom att plantera ut vattenväxter eller ännu hellre prefabricerade vegetationsmattor. Användes nedbrytbara nät vid släntsådd minskar risken från att sådden uppe i slänterna rinner undan efter regn. Vid inlopp där vattnet kommer fallande är ett stenlager ett enkelt sätt att skydda basmaterialet från att eroderas bort. Vegetationsmattor går också att använda. Djupzoner efter inlopp är vanliga och ger bra rening i dammen då material avsätts eftersom vattenhastigheten snabbt avtar.

För att minska ojämna flöden i översilningsytor bör flödet dämpas och vattnet spridas jämnt över ytan. Detta kan göras med ett spridningsdike eller en skibordkonstruktion likt den i kolardammen. För att minska erosionsrisker vid utlopp är det en bra idé att använda en konstruktion där fallet kan ske inne i ett rör eller ledning, till exempel en munk.

I studien har jag också undersökt vilka manualer som används vid projektering av dagvattendammar och vad de beskriver om erosion och erosionskydd. Det är sällan de projektörerna jag har talat med använder någon manual. De manualer som finns

är inte särskilt tillämpbara vid dimensionering av erosionsskydd i små dagvattendammar då erosionsskydden är anpassade för mycket högre vattenhastigheter. För att föra kunskap vidare tror jag att det skulle vara bra om det kom ut en manual för dagvattendammar. Nu när det satsas så mycket på dessa anläggningar skulle det vara synd om de inte fungerar som det är tänkt för att det blir erosionskador i dem. I manualen skulle jag också vilja se mer anvisningar på hur man kan använda sig av vegetation som erosionsskydd.

Slutsats

Syftet med studien var att ta reda på vad som är praxis vid dimensionering av erosionsskydd i dagvattendammar.

Min slutsats blir att det inte finns någon praxis för dimensionering av erosionsskydd.

De tendenser jag har sett under min studie är att det är vanligare att använda vegetation istället för hårda erosionsskydd.

En damm som är designad för att rena vatten är ofta utformad på ett sätt som undviker erosion. För att vattnet skall renas effektivt krävs lång uppehållstid, mycket vegetation och bra spridning av vattnet. Dessa krav ger låg vattenhastighet, rötter som armerar jorden och liten risk för kanaler som ökar erosionrisken.

Olika förhållanden kräver olika utformningar av dammen. Utformningen och funktionen av en damm påverkas mycket av avrinningsområdets storlek och vilka föroreningar som skall avskiljas ur dagvattnet. Den plats som finns tillgänglig för dammbygget är såklart den största faktorn som påverkar dammens utformning.

Det är vanligare att använda vegetation än att använda hårda erosionsskydd. Flera metoder för att etablera vegetationen används. Här spelar ekonomin för projektet en stor roll. Tyvärr blir ofta mer de effektiva etableringsmetoderna för kostsamma för projekten. Ingenjörbiologiska metoder för erosionssäkring föredras eftersom de för med sig fler ekologiska värden, dammens reningseffektivitet ökar, det gynnar biologisk mångfald och i många ögon är det mer estetiskt tilltalande med vegetation istället för stenmaterial.

Källförteckning

Andersson, Mattias. M.fl. (2008) *Erosion och sedimenttransport i vattendrag*. Linköping. Statens geotekniska institut Varia 592. ISSN 1100-6692

Bg Byggros AB. Hemsida. [online] Tillgänglig:
http://se.byggros.com/Slanter_vid_vatten [2011-03-10]

Carlsson, Jennifer & Persson, Jesper. (2006). *Erosion och erosionsskydd i vattenmiljöer*. Alnarp. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik. Rapport 2006:2. ISSN 1652-1552

Cederwall, Klas. (1984). *Handboken bygg – Geoteknik*. Stockholm. LiberFörlag ISBN – 91-38-06077-9

Golfmaskiner landscaping. Hemsida. [online]
Tillgänglig: <http://www.golfmaskiner.se/gml/PDF/hydroseeding.pdf> [2011-03-18]

Hellsing, Bo(2006)*Svårt att hitta information om erosion*. Bygginfo PM. Svensk Byggtjänst. Årgång 30 nr 1. s.85.

Khulin, Leif. (2011) *Erosion*. [online]. Tillgänglig:
<http://vattenkraft.info/index.php?page=teori/erosion>[2011-03-18]

Larm, Thomas. (2000) *Utformning och dimensionering av dagvattenreningsanläggningar*. Stockholm, VAV AB. VA-Forsk Rapport 2000-10 ISSN 1102-5638

Nilsson, Anette. (2008). *Dimensioneringskriterier för flödesutjämning i dagvattendammar*. Alnarp, SLU ISSN 1651-8160

Odén, Karin. & Johansson, Lars.(2005) *Dimensionering och modellering av erosionsskydd*. Linköping. Statens geotekniska institut. Varia 558. ISSN 1100-6692

Ohlsson, Folke. m.fl. (1994) *Erosionsskydd i samband med förstärkningsåtgärder för slänter*. Linköping. IVA Skredkommissionen. Rapport 94:1. ISSN 1101-105X

Persson, Bengt. M.fl. (1990) *Plats för regn*. Hässleholm. Movium. Stad och land nr 86. ISBN: 91-576-4302-4

Persson, Jesper. (1998)*Utformning av dammar: En litteraturstudie med kommentarer om dagvatten-, polerings- och miljödammor*. Chalmers Tekniska Högskola. Institutionen för Vattenbyggnad.Rapport B:64 ISSN 0348-1069

Persson, Jesper. (Uå) *Dammars form*. Borås. Melica Media. ISBN: 978-91-85627-01-1

Piga, Cristiano & Rolf, Kaj. (1997) *Ingenjörbiologi Gröna Fakta*. 5-97 Alnarp Movium. SLU.

Stahre, Peter. (2004) *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering*. Malmö: Svenskt Vatten. ISBN: 91-85159-17-4

Vägverket, Sektionen för geoteknik. (1987). *Erosionsskydd i vatten vid väg- och brobyggnad*. Vägverket. Publikation 1987:18

Veg Tech. Hemsida. [online]. Tillgänglig: <http://www.vegtech.se/sv/veg-tech-teknik/products/erosionsskydd/uid-22/categoryinformation.aspx> [2011-03 23]

Viacon AB. Hemsida. [online]. Tillgänglig: <http://www.viacon.se/vattenvaxter.aspx> [2011-02-23]

Personliga meddelanden

Andersson, Jonas WRS Uppsala AB

Rolf, Kaj Universitetsadjunkt. Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap. SLU Alnarp

Tiberg, Johan, Veg Tech